ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01045v1

# 饲粮蛋氨酸水平对9～10月龄豪猪生长性能、血清免疫指标及抗氧化指标的影响

王前光[1]　刘　秋[2]　张保平[1]　高惠林[1*]　童学勤[3]　任国冀[1]

（1.常德职业技术学院，常德 415000；2.常德市畜牧兽医水产局，常德 415000；3.桃源县堆金豪猪养殖基地，常德 415000）

摘　要：本试验旨在探讨饲粮蛋氨酸水平对9～10月龄豪猪生长性能、血清免疫指标及抗氧化指标的影响，并利用二次回归模型估测其蛋氨酸需要量。选择体重相近的9月龄豪猪96头，随机分成6组，每组4个重复，每个重复4头，分别饲喂蛋氨酸水平为0.25%、0.45%、0.65%、0.85%、1.05%和1.25%的试验饲粮。预试期7 d，正试期50 d。结果表明：1)饲粮蛋氨酸水平对豪猪平均日增重（ADG）和平均日采食量（ADFI）没有显著影响（$P>0.05$），但对料重比（F/G）有显著影响（$P<0.05$）。随着饲粮蛋氨酸水平的升高，F/G 呈先降低再升高的二次曲线变化趋势，在蛋氨酸水平为0.85%时达到最小值3.63。2）饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清免疫球蛋白A（IgA）、免疫球蛋白G（IgG）、免疫球蛋白M（IgM）含量及超氧化物歧化酶（SOD）活性均无显著影响（$P>0.05$），但显著影响血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性（$P<0.05$），极显著影响豪猪血清丙二醛（MDA）含量（$P<0.01$）。随着饲粮蛋氨酸水平的升高，血清GSH-Px活性呈先增加再降低的二次曲线变化趋势，在蛋氨酸水平为0.85%时达到最高值。随着饲粮蛋氨酸水平的升高，血清MDA含量呈现先降低再升高的二次曲线变化趋势，其中0.85%和1.05%组极显著低于0.25%、0.45%和0.65%组（$P<0.01$），1.25%组极显著低于0.25%和0.45%组（$P<0.01$）。综上所述，饲粮中添加适量的蛋氨酸可改善9～10月龄豪猪的生长性能，提高其抗氧化能力。根据二次回归模型估测，9～10月龄豪猪获得最低F/G、最高血清GSH-Px活性和最低血清MDA含量的蛋氨酸需要量分别为0.76%、0.87%和0.96%。

关键词：蛋氨酸；豪猪；生长性能；血清免疫指标；抗氧化功能

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

---

收稿日期：2015-11-29

基金项目：国家星火计划项目“桃源豪猪健康养殖示范推广及产业化开发”(2015GA770010)；湖南省教育厅科研项目（14C0142）；常德市科技项目（2011CK01，2013NK17）

作者简介：王前光（1981-），男，湖南邵阳人，副教授，硕士，动物营养与饲料科学专业。E-mail： wqg136@126.com

*通信作者：高惠林，教授，E-mail： ghl1133@126.com

ChinaXiv合作期刊

豪猪（*Hystrix hodgsoni*），又称箭猪、刺猪，属于啮齿目动物，是一种经济价值很高的珍稀动物，具有食用价值、药用价值和观赏价值。随着人们生活水平的提高，具有“动物人参”之美誉的豪猪肉成为我国大城市高档酒店、宾馆的新宠，国内市场越来越大，刺激了豪猪养殖业的快速发展。蛋氨酸是动物生长所必需的一种含硫氨基酸，在玉米-豆粕型饲粮中作为家禽的第一限制性氨基酸[1]、猪的第二限制性氨基酸[2]发挥着重要作用。蛋氨酸除了参与合成机体蛋白质和其他氨基酸外，还可以促进动物生长[3-7]，提高机体免疫力[8-10]，并在机体分子氧化防御机制中起重要作用[11-13]。蛋氨酸在畜禽生产方面的应用研究已经相当广泛，但对于豪猪来说，由于人工驯养的历史较短，其营养需要量研究起步也较晚，有关豪猪蛋氨酸需要量的研究鲜有文献报道。本试验以 9 月龄豪猪为研究对象，探讨饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪生长性能、血清免疫指标和抗氧化指标的影响，从而确定 9～10 月龄豪猪生长最佳时的饲粮蛋氨酸水平，旨在为豪猪生产实践提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与分组

采用单因子完全随机区组设计，选用 9 月龄健康无病、体重接近的豪猪 96 头，随机分为 6 组，每组设 4 个重复，每个重复 4 头，每个重复豪猪平均体重为（29.90±4.10） kg。

### 1.2 试验饲粮

以玉米、豆粕、麦麸等为主要原料，参照相关文献[14-16]配制基础饲粮，蛋氨酸以 *DL*-蛋氨酸形式添加，其余营养成分保持一致，预混料为豪猪场自配，基础饲粮组成及营养水平见表 1。6 组豪猪分别饲喂蛋氨酸水平为 0.25%、0.45%、0.65%、0.85%、1.05%和 1.25%的试验饲粮。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

| 原料 Ingredients | 含量 Content | 营养水平 Nutrient levels2) | 含量 Content |
|---|---|---|---|
| 玉米 Corn | 69.90 | 消化能 DE/(MJ/kg) | 13.14 |
| 小麦麸 Wheat bran | 7.25 | 粗蛋白质 CP | 15.00 |
| 豆粕 Soybean meal | 19.35 | 赖氨酸 Lys | 0.66 |
| 磷酸氢钙 $CaHPO_4$ | 0.70 | 蛋氨酸 Met | 0.25 |

chinaXiv:201711.01045v1

| | | | |
|---|---|---|---|
| 石粉 Limestone | 0.50 | 钙 Ca | 0.57 |
| 食盐 NaCl | 0.30 | 有效磷 P | 0.28 |
| 预混料 Premix[1)] | 2.00 | | |
| 合计 Total | 100.00 | | |

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet:VA 160 000 IU，$VD_3$ 5 000 IU，VE 1 500 IU，$VK_3$ 300 mg，$VB_1$ 500 mg，$VB_2$ 800 mg，$VB_6$ 300 mg，$VB_{12}$ 3.0 mg，叶酸 folic acid 100 mg，生物素 biotin 4.5 mg，烟酸 nicotinic acid 400 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 150 mg，Fe 100 mg，Cu 10 mg，Zn 110 mg，Mn 20 mg，Se 0.30 mg，I 0.15 mg，Co 0.2 mg。

[2)] 营养水平为计算值。The nutrient levels were calculated values.

### 1.3 饲养管理

饲养试验在桃源县堆金豪猪养殖场进行。预试期 7 d，随后进入正式试验，正试期 50 d，试验全期饲喂颗粒料，自由采食和饮水。豪猪舍为水泥地板，每个栏中有 1 个料槽和 1 个自动饮水器。按照豪猪场日常管理措施进行驱虫、消毒和防疫。每天定时打扫栏舍卫生，保证栏舍清洁干燥。

### 1.4 样品采集与制备

试验结束时，按重复称空腹体重，每个重复选择接近该重复平均体重的试验豪猪各 1 头，采用肌肉注射速眠新 II 号对其进行麻醉，前腔静脉采血 5 mL，再肌肉注射同剂量鹿醒宁 II 号使其苏醒。所采血样静置 30 min 后，3 000 r/min 离心 10 min，吸取血清并分装于 Eppendorf 管中，置于-20 ℃低温冰箱中冷冻保存。

### 1.5 测定指标与方法

#### 1.5.1 生长性能

试验开始前和试验结束时，试验豪猪禁食（自由饮水）12 h 后空腹称重，逐栏测定试验豪猪初始体重和终末体重，并以重复为单位统计耗料量，计算各组的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

#### 1.5.2 血清免疫指标的测定

血清免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 G（IgG）和免疫球蛋白 M（IgM）含量的测定

chinaXiv:201711.01045v1

ChinaXiv合作期刊

均采用免疫比浊法，在湖南省兽药工程中心实验室完成测定，测定所用试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

1.5.3 血清抗氧化指标的测定

测定血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、超氧化物歧化酶（SOD）活性及丙二醛（MDA）含量，所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，按照试剂盒说明书在湖南省兽药工程中心实验室完成测定。

1.6 数据处理

试验数据采用 SPSS 19.0 统计软件进行单因素方差分析，Duncan 氏法进行多重比较，结果用平均值和标准误表示。以 $P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。通过回归分析中的曲线估计拟合二次曲线，建立二次回归模型：$Y=aX^2+bX+c$，其中 $Y$ 为依变量，$X$ 为饲粮蛋氨酸水平，当获得显著性二次效应时，再按 Neter 等[17]推荐的方法求出获得最大二次效应时的蛋氨酸需要量（$X_{max}=-b/2a$），该值再乘以 95%即为适宜蛋氨酸需要量。

2 结果与分析

2.1 饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪生长性能的影响

由表 2 所示，饲粮蛋氨酸水平对豪猪 ADG 和 ADFI 的影响不显著（$P>0.05$），但对 F/G 的影响显著（$P<0.05$），随着饲粮蛋氨酸水平的升高，F/G 呈现先降低再升高的二次曲线变化趋势，其中 0.85%组显著低于 0.25%、0.45%和 1.25%组（$P<0.05$），与 0.65%和 1.05%组差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary Met level on growth performance of 9 to 10-month-old porcupine

| 项目 Items | 蛋氨酸水平 Met level/% | | | | | | SE | *P* 值 *P*-value | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.25 | 0.45 | 0.65 | 0.85 | 1.05 | 1.25 | | 组间 Groups | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 初始体重 IBW/kg | 29.64 | 30.62 | 30.04 | 29.73 | 28.78 | 30.61 | 0.84 | 0.993 | | |
| 平均日增重 ADG/g | 50.29 | 47.52 | 49.98 | 56.84 | 50.60 | 47.06 | 1.26 | 0.270 | 0.998 | 0.170 |

chinaXiv:201711.01045v1

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平均日采食量 ADFI/(g/d) | 218.13 | 196.35 | 200.00 | 205.11 | 198.96 | 201.15 | 2.98 | 0.350 | 0.240 | 0.230 |
| 料重比 F/G | $4.39^{a}$ | $4.17^{a}$ | $4.01^{ab}$ | $3.63^{b}$ | $3.95^{ab}$ | $4.28^{a}$ | 0.08 | 0.041 | 0.250 | 0.005 |

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*＜0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*＜0.01），相同字母或无字母表示差异不显著（*P*＞0.05）。SE 表示平均标准误。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference （*P*＜0.01），while with the same or no letter superscripts mean no significant difference （*P*＞0.05）. SE stand for standard error of the means. The same as below.

2.2 饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪血清免疫指标的影响

由表 3 可知，饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清 IgA、IgG 和 IgM 含量均无显著影响(*P*＞0.05)。

2.3 饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知，饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清 SOD 活性无显著影响（*P*＞0.05）；饲粮蛋氨酸水平显著影响豪猪血清 GSH-Px 活性（*P*＜0.05），随着饲粮蛋氨酸水平的升高，豪猪血清 GSH-Px 活性呈现先增加再降低的二次曲线变化趋势，其中 0.85%组活性最高，显著高于 0.25%和 0.45%组（*P*＜0.05），与 0.65%、1.05%和 1.25%组差异不显著（*P*＞0.05），其他 5 组差异不显著（*P*＞0.05）；饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清 MDA 含量影响极显著（*P*＜0.01），呈现先降低再升高的二次曲线变化趋势，0.85%和 1.05%组豪猪血清 MDA 含量极显著低于 0.25%、0.45%和 0.65%组（*P*＜0.01），与 1.25%组差异不显著（*P*＞0.05），同时 1.25%组血清 MDA 含量极显著低于 0.25%和 0.45%组（*P*＜0.01）。

chinaXiv:201711.01045v1

ChinaXiv合作期刊

表 3　饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪血清免疫指标的影响

Table 3　Effects of dietary Met level on serum immune indices of 9 to 10-month-old porcupine　　g/L

| 项目 | 蛋氨酸水平 Met level/% | | | | | | SE | *P* 值 *P*-value | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Items | 0.25 | 0.45 | 0.65 | 0.85 | 1.05 | 1.25 | | 组间 Groups | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 免疫球蛋白 A IgA | 2.319 | 3.513 | 3.020 | 2.477 | 1.934 | 3.177 | 0.325 | 0.775 | 0.890 | 0.995 |
| 免疫球蛋白 G IgG | 11.639 | 15.439 | 10.602 | 11.763 | 13.991 | 16.796 | 0.843 | 0.222 | 0.183 | 0.840 |
| 免疫球蛋白 M IgM | 0.664 | 0.688 | 0.883 | 0.690 | 0.521 | 0.787 | 0.053 | 0.524 | 0.183 | 0.209 |

表 4　饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪血清抗氧化指标的影响

Table 4　Effects of dietary Met level on serum antioxidant indices of 9 to 10-month-old porcupine

| 项目 | 蛋氨酸水平 Met level/% | | | | | | SE | *P* 值 *P*-value | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Items | 0.25 | 0.45 | 0.65 | 0.85 | 1.05 | 1.25 | | 组间 Groups | 线性 Linear | 二次 Quadratic |
| 超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL) | 277.45 | 328.11 | 284.62 | 263.32 | 259.41 | 234.35 | 10.35 | 0.160 | 0.036 | 0.317 |
| 谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL) | 302.38$^{b}$ | 320.52$^{b}$ | 370.56$^{ab}$ | 407.78$^{a}$ | 367.81$^{ab}$ | 364.32$^{ab}$ | 10.87 | 0.045 | 0.018 | 0.035 |
| 丙二醛 MDA/(nmol/mL) | 13.61$^{Aa}$ | 10.61$^{ABab}$ | 8.47$^{BCb}$ | 3.35$^{Dc}$ | 4.08$^{Dc}$ | 4.43$^{CDc}$ | 0.87 | <0.001 | <0.001 | 0.008 |

chinaXiv:201711.01045v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01045v1

表 5　根据二次回归模型估测 9～10 月龄豪猪蛋氨酸需要量

Table 5　The Met requirements of 9 to 10-month-old porcupine estimated based on quadratic regression model

| 估测指标 Response parameters | 二次回归方程 Quadratic regression equation | $R^2$ | 蛋氨酸需要量 Met requirements/% |
| --- | --- | --- | --- |
| 料重比 F/G | $y=2.08x^2-2.343x+5.165$ | 0.360 | 0.76 |
| 血清谷胱甘肽过氧化物酶活性 Serum GSH-Px activity | $y=-209.277x^2+383.661x+209.93$ | 0.369 | 0.87 |
| 血清丙二醛含量 Serum MDA content | $y=14.257x^2-28.948x+20.596$ | 0.765 | 0.96 |

2.4 采用二次回归模型估测 9～10 月龄豪猪蛋氨酸最佳需要量

由表 5 可知，9～10 月龄豪猪获得最低 F/G、最高血清 GSH-Px 活性和最低血清 MDA 含量 95%处的蛋氨酸需要量分别为 0.76%、0.87%和 0.96%。

3 讨 论

目前，国内外关于豪猪蛋氨酸需要量的研究尚缺乏相关的报道，豪猪蛋氨酸的需要量多根据养殖经验或参考其他动物。根据二次回归模型估测，9～10月龄豪猪获得最低F/G、最高血清GSH-Px活性和最低血清MDA含量95%处的饲粮蛋氨酸水平分别为0.76%、0.87%和0.96%，要高于猪、禽的推荐量，如仔猪蛋氨酸推荐量为0.30%[18]、42～62日龄康贝尔麻鸭饲粮蛋氨酸推荐量为0.38%[19]、5～8周龄京红蛋鸡蛋氨酸需要推荐量为0.42%[20]、开产蛋鸡蛋氨酸推荐量为0.48%[21]等。而皮毛动物对蛋氨酸需要量则较高，如冬毛生长期银狐的蛋氨酸需要量为0.91%[22]，冬毛期蓝狐、配种前雌性蓝狐和繁殖期蓝狐蛋氨酸需要量分别为0.99%、1.03%和0.98%[23-25]等。豪猪全身上下长满硬刺，后背部及臀部的刺集中且特别粗长，可达20 cm以上，直径大约6 mm；四肢及体腹部刺短小、略软，全身硬刺下面被有稀疏的长毛，豪猪对蛋氨酸的需要有一部分是用于刺的生长。因此，参考皮毛动物对蛋氨酸的需要对豪猪养殖生产实际有一定的指导意义。

蛋氨酸是动物的必需氨基酸之一，满足机体对蛋氨酸的需求有助于发挥动物的生产性能。大量研究表明，基础饲粮中适当添加蛋氨酸可以显著提高家禽体增重，改善其饲料利用率、胴体品质并促进羽毛的生长[26-29]。程传锋[18]研究表明，饲粮蛋氨酸水平（0.18%、0.24%、0.30%、0.36%、0.42%和 0.48%）能显著影响仔猪的生长性能；张永翠等[30]报道，饲粮中添加蛋氨酸能显著提高幼兔的 ADG 和饲料转化率（FCR），而对 ADFI 无显著影响。本试验研究结果表明，饲粮蛋氨酸水平对 9～10 月龄豪猪 ADFI 的影响不显著，对 F/G 的影响显著，这与上述研究结果相一致，但对其 ADG 的影响不显著。也有研究认为饲粮蛋氨酸水平不影响动物的生产性能，叶慧等[19]曾报道，在试验设定的蛋氨酸水平范围内（0.28%～0.48%），42～62 日龄康贝尔麻鸭生产性能不受饲粮蛋氨酸水平的显著影响。此外，蛋氨酸不足或过量都会抑制动物生长性能，宋丹等[20]曾报道，饲粮蛋氨酸水平在 0.37%～0.44%时 5～8 周龄京红蛋雏鸡的生长性能最好，低于或高于这个范围时生产性能均有所下降。本研究中，饲粮蛋氨酸水平为 0.85%时获得了最低的 F/G，因此主观判定 0.85%为 9～10 月龄豪猪适宜蛋氨

chinaXiv:201711.01045v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01045v1

酸水平；回归分析显示，F/G 与饲粮蛋氨酸水平间存在显著的二次相关，随着蛋氨酸水平的升高，F/G 表现出先降低后升高的二次曲线变化趋势，说明在饲粮中添加适量的蛋氨酸改善了豪猪的饲料利用率；根据回归模型估测得出，饲粮蛋氨酸水平为 0.76%时 9～10 月龄豪猪可发挥最佳的生长性能；通过回归模型估测的蛋氨酸水平要低于从试验结果中观测到的主观判定值，这对降低饲养成本，减少环境污染更有意义。

蛋白质和氨基酸对维持机体正常的免疫功能起着重要的作用[31-32]。侯永清等[33]报道，蛋氨酸主要影响机体的体液免疫反应，饲粮蛋氨酸水平显著影响早期断奶仔猪血液中 IgG 含量及抗绵羊红细胞（SRBC）抗体效价。吴邦元[34]认为，饲粮蛋氨酸缺乏时雏鸡血清 IgG、IgA 和 IgM 含量显著或极显著低于对照组。Tsiagbe 等[10]研究表明，在基础饲粮（蛋氨酸含量为 0.35%，胱氨酸含量为 0.37%）中添加 0.25%蛋氨酸可显著提高经 SRBC 腹腔注射后肉仔鸡血清抗 SRBC 抗体效价及 IgG 含量，但过量添加（0.45%）对接种后血清抗 SRBC 抗体效价无显著影响。刘文斐等[35]也有类似的研究发现，即不同形式的蛋氨酸均能提高肉种鸡血清中免疫球蛋白和补体的含量。在本试验中，饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清 IgA、IgG 和 IgM 的含量均无显著影响，与上述报道不一致。这可能与动物是否处于疾病或免疫应激状态有关，在应激或疾病状态下，机体可能动员较多的氨基酸参与免疫球蛋白的合成，使抗体在短期内达到较高水平，而在正常生理状态下仅维持较低水平[30]，也可能与试验动物、免疫接种程序以及饲养环境等有关，其原因有待进一步研究。

蛋氨酸的另一个重要功能是作为半胱氨酸前体参与还原型谷胱甘肽（GSH）和牛磺酸的合成[11-13,36]，并一起作为抗氧化物参与机体分子氧化防御机制[37]。SOD、GSH-Px是体内抗氧化系统中的重要酶系，其活性在清除自由基、抗氧化损伤和维持细胞结构方面起着重要作用，可作为机体抗氧化状态的标志，MDA是细胞膜脂质过氧化物的产物，其含量高低可间接反映细胞的受损伤程度[38]。麻丽坤等[21]报道，适量的蛋氨酸能够提高蛋鸡血清SOD活性，增强机体抗氧化功能；刘文斐等[35]研究表明，饲粮中添加不同形式的蛋氨酸均能提高肉种鸡血清的抗氧化功能，且均显著提高了肝脏和肾脏的GSH-Px和SOD活性，并降低了肝脏、肾脏的MDA含量。叶慧等[39]认为，饲粮中添加蛋氨酸可显著提高21日龄狮头鹅血清GSH、SOD活性及显著降低MDA含量，血清GSH-Px活性随着蛋氨酸水平的升高而升高，但差异不显著。本试验结果表明，饲粮蛋氨酸水平显著影响豪猪血清GSH-Px活性并极显著影响豪猪

血清MDA含量，这与上述研究相一致；但饲粮蛋氨酸水平对豪猪血清SOD活性无显著影响，与上述报道不一致，可能是豪猪机体清除自由基的能力主要反映在血清GSH-Px活性这一指标上，而SOD活性则表现不明显。综合分析，饲粮中添加适量的蛋氨酸可提高9～10月龄豪猪体内的抗氧化能力，对降低脂质过氧化有一定作用，其作用机理有待进一步探讨。

## 4 结 论

饲粮中添加适量蛋氨酸能不同程度改善 9～10 月龄豪猪的生长性能，提高其抗氧化能力。根据二次回归模型估测，9～10 月龄豪猪获得最低 F/G、最高血清 GSH-Px 活性和最低血清 MDA 含量的蛋氨酸需要量分别为 0.76%、0.87%和 0.96%。

参考文献：


[1] CAREW L B,MCMURTRY J P,ALSTER F A.Effects of methionine deficiencies on plasma levels of thyroid hormones,insulin-like growth factors-Ⅰ and -Ⅱ,liver and body weights,and feed intake in growing chickens[J].Poultry Science,2003,82(12):1932–1938.

[2] GAINES A,RATLIFF B,SRICHANA P,et al.Methionine sources studied[J].National Hog Farmer,2004,49(9):26.

[3] PUCHALA R,PIERZYNOWSKI S G,SAHLU T.Effects of methionine and hormones on amino acid concentration in the skin of Angora goats[J].Small Ruminant Research,1998,29(1):93–102.

[4] 吴炳懿,叶纯子,刘志平.蛋氨酸添加剂在动物生产上的应用[J].经济动物学报,2007,11(4):229–233,245.

[5] ZHANG H H,LI G Y,XING X M,et al.Effect of low-protein diet with supplementing different levels of *DL*-methionine on production performance of minks in growing-furring period[J].Journal of Forestry Research,2012,23(1):151–155.

[6] 李珍珍,王安,袁艺森,等.饲粮蛋氨酸水平对笼养蛋雏鸭生长性能及抗氧化功能的影响[J].中国饲料,2013(8):6–9.

[7] 黄健,鲍坤,张铁涛,等.低蛋白质饲粮添加蛋氨酸和赖氨酸对离乳期梅花鹿生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2714–2721.


chinaXiv:201711.01045v1

[8] MIRZAAGHATABAR F,SAKI A A,ZAMANI P,et al.Effect of different levels of diet methionine and metabolisable energy on broiler performance and immune system[J].Food and Agricultural Immunology,2011,22(2):93–103.

[9] RUBIN L L,RIBEIRO A M L,CANAL C W,et al.Influence of sulfur amino acid levels in diets of broiler chickens submitted to immune stress[J].Revista Brasileira de Ciência Avícola,2007,9(1):53–59.

[10] TSIAGBE V K,COOK M E,HARPER A E,et al.Enhanced immune responses in broiler chicks fed methionine-supplemented diets[J].Poultry Science,1987,66(7):1147–1154.

[11] MÉTAYER S,SEILIEZ I,COLLIN A,et al.Mechanisms through which sulfur amino acids control protein metabolism and oxidative status[J].The Journal of Nutritional Biochemistry,2008,19(4):207–215.

[12] LI P,YIN Y L,LI D F,et al.Amino acids and immune function[J].British Journal of Nutrition,2007,98(2):237–252.

[13] WU G Y,FANG Y Z,YANG S,et al.Glutathione metabolism and its implications for health[J].The Journal of Nutrition,2004,134(3):489–492.

[14] 朱开明,姜卫星,张锐,等.湖南省地方标准:豪猪规模养殖技术规程[S].武汉:湖南省质量技术监督局,2008:7–8.

[15] 王前光,刘秋,彭慧珍,等.日粮消化能和蛋白质水平对 6～8 月龄豪猪生产性能的影响[J].西北农业学报,2013,22(5):204–210.

[16] 王前光,刘秋,张保平,等.不同硒源及硒水平对 10~11 月龄豪猪生长性能及组织硒含量的影响[J].中国畜牧兽医,2014,41(7):118–121.

[17] NETER J,WASSERMAN W.Applied linear statistical models:regression,analysis of variance,and experimental designs[M].Boston:Invin,1974:273–296.

[18] 程传锋.蛋氨酸水平对仔猪生长性能及免疫功能的影响[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2012.

[19] 叶慧,邬爱姬,邓远帆,等.42-62 日龄康贝尔麻鸭蛋氨酸和赖氨酸的需要量[J].中国农业科学,2013,46(16):3444–3451.

chinaXiv:201711.01045v1

[20] 宋丹,李连彬,周梁,等.5～8 周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量的研究[J].畜牧兽医学报,2014,45(11):1799–1808.

[21] 麻丽坤,谭利伟,卫振,等.日粮蛋氨酸水平对开产蛋鸡体组织生长和产蛋性能的影响[J].浙江农业科学,2006(5):586–589.

[22] 钟伟,刘晗璐,张铁涛,等.饲粮赖氨酸和蛋氨酸水平对冬毛生长期银狐生长性能、营养物质消化率、血清生化指标及毛皮性状的影响[J].动物营养学报,2014,26(11):3332–3340.

[23] 郭俊刚,张铁涛,崔虎,等.低蛋白质饲粮中添加蛋氨酸对冬毛期蓝狐生产性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J].动物营养学报,2014,26(4):996–1003.

[24] 郭俊刚,张铁涛,吴学壮,等.饲粮蛋氨酸水平对配种前期雌性蓝狐营养物质消化率、氮代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2970–2976.

[25] 郭俊刚,张铁涛,吴学壮,等.饲粮蛋氨酸水平对繁殖期蓝狐繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):165–170.

[26] LEMME A,HOEHLER D,BRENNAN J J,et al.Relative effectiveness of methionine hydroxy analog compared to DL-methionine in broiler chickens[J].Poultry Science,2002,81(6):838–845.

[27] VIEIRA S L,LEMME A,GOLDENBERG D B,et al.Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels[J].Poultry Science,2004,83(8):1307–1313.

[28] 黄璇,李闯,何平,等.临武鸭产蛋高峰期蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(4):1110–1116.

[29] ZENG Q F,ZHANG Q,CHEN X,et al.Effect of dietary methionine content on growth performance,carcass traits,and feather growth of Pekin duck from 15 to 35 days of age[J].Poultry Science,2015,94(7):1592–1599.

[30] 张永翠,李福昌.日粮添加蛋氨酸对幼兔生长发育、免疫性能及血液生化指标的影响[J].中国养兔,2008(3):13–16.

[31] CUNNINGHAM-RUNDLES S,LIN D H.Nutrition and the immune system of the gut[J].Nutrition,1998,14(7/8):573–579.

chinaXiv:201711.01045v1

[32] CALDER P C.Nutrition et fonction immunitaire[J].Nutrition Clinique et Métabolisme,2001,15(4):286–297.

[33] 侯永清,呙于明,周毓平,等.日粮蛋白质、赖氨酸、蛋氨酸及苏氯酸水平对早期断奶仔猪免疫机能的影响[J].中国畜牧杂志,2001,37(4):18–20.

[34] 吴邦元.蛋氨酸缺乏对雏鸡免疫器官及免疫功能影响的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

[35] 刘文斐,刘伟龙,占秀安,等.不同形式蛋氨酸对肉种鸡生产性能、免疫指标及抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2013,25(9):2118–2125.

[36] BEATTY P W,REED D J.Involvement of the cystathionine pathway in the biosynthesis of glutathione by isolated rat hepatocytes[J].Archives of Biochemistry and Biophysics,1980,204(1):80–87.

[37] MOSHAROV E,CRANFORD M R,BANERIEE R.The quantitatively important relationship between homocysteine metabolism and glutathione synthesis by the transsulfuration pathway and its regulation by redox changes[J].Biochemistry,2000,39(42):13005–13012.

[38] 魏轶男,黄倩倩,吕亚军,等.菊粉对肉仔鸡生长性能、免疫器官指数及抗氧化指标的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2013,41(11):13–18.

[39] 叶慧,冯凯玲,邓远帆,等.不同饲粮蛋氨酸水平对 21 日龄狮头鹅血清生化指标及抗氧化功能的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(13):43–46.

## Effects of Dietary Methionine Level on Growth Performance, Serum Immune Indices and Antioxidant Indices of 9 to 10-Month-Old Porcupine

WANG Qianguang[1] LIU Qiu[2] ZHANG Baoping[1] GAO Huilin[1*] TONG Xueqin[3] REN Guoji[1]

（1. *Changde Vocational Technical College*, *Changde* 415000, *China*; 2. *Changde Animal Husbandry Bureau*, *Changde* 415000, *China*; 3. *The Duijin Porcupine Breeding Base in Taoyuan County*, *Changde* 415000, *China*）

*Corresponding author, professor, E-mail: ghl1133@126.com （责任编辑 菅景颖）

chinaXiv:201711.01045v1

ChinaXiv合作期刊

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary methionine (Met) level on growth performance, serum immune indices and antioxidant indices of 9 to 10-month-old porcupine, and to determine the Met requirement of 9 to 10-month-old porcupine based on quadratic regression model. Ninety-six 9-month-old porcupines with the similar body weight were randomly assigned to 6 groups with 4 replicates per group and each replicate contained 4 individuals. Porcupines in 6 groups were fed experimental diets with 0.25%, 0.45%, 0.65%, 0.85%, 1.05% and 1.25% Met, respectively. The adaption period lasted for 7 days and the trail period lasted for 50 days. The results showed as follows: 1) dietary Met level did not significantly affect average daily gain (ADG) and average daily feed intake (ADFI) ($P>0.05$) of porcupine, but significantly affected feed/gain （F/G） ($P<0.05$). With the increase of dietary Met level, the F/G showed the tendency of a quadratic curve dropped firstly and then increased, and it had the minimum value of 3.63 when the Met level was 0.85%. 2) Dietary Met level had no significant effects on the contents of immunoglobulin A （IgA）, immunoglobulin G (IgG), immunoglobulin M (IgM) and the activity of superoxide dismutase (SOD) in serum ($P>0.05$), but significantly affected the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) ($P<0.05$) and the content of MDA in serum ($P<0.01$). With the increase of dietary Met level, the activity of serum GSH-Px showed the tendency of a quadratic curve increased firstly and then decreased, and it had the maximum value when the Met level was 0.85%. The serum MDA content showed the tendency of a quadratic curve dropped firstly and then increased with the increase of dietary Met level. The content of serum MDA in the groups with 0.85% and 1.05% Met were significantly lower than those in the groups with 0.25%, 0.45% and 0.65% Met ($P<0.01$). The content of serum MDA in the group with 1.25% Met was significantly lower than that in the groups with 0.25% and 0.45% Met ($P<0.01$). In conclusion, dietary supplemented with proper Met can improve the growth performance and enhance the antioxidant ability of 9 to 10-month-old porcupine. The estimated Met requirements of 9 to 10-month-old porcupine to gain the minimum of F/G, the maximum of serum GSH-Px activity and the minimum of serum MDA content are 0.76%, 0.87% and 0.96% base on quadratic regression model, respectively.

chinaXiv:201711.01045v1

Key words: methionine; porcupine; growth performance; serum immune indices; antioxidant function

chinaXiv:201711.01045v1